

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-323205

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 23 B 27/14			B 23 B 27/14	A
B 23 P 15/28			B 23 P 15/28	A
C 23 C 14/06			C 23 C 14/06	P

審査請求 有 請求項の数7 FD (全6頁)

(21)出願番号	特願平8-166810	(71)出願人	000233066 日立ツール株式会社 東京都江東区東陽4丁目1番13号
(22)出願日	平成8年(1996)6月5日	(72)発明者	島 順彦 千葉県成田市新泉13番地の2 日立ツール 株式会社成田工場内

(54)【発明の名称】 多層被覆硬質工具

(57)【要約】

【目的】 TiAl系皮膜において、残留圧縮応力を低減し、厚膜化を実現し、また、TiAlに対し所定の第3成分にを添加することにより、更に耐酸化性を向上させた切削工具を提供する。

【構成】 Alに対しTiの含有率が75原子%以上98原子%以下であるTiとAlの窒化物、もしくは炭窒化物からなる層[A]と、Alに対しTiの含有率が20原子%以上65原子%以下であるTiとAlの窒化物、もしくは炭窒化物からなる層[B]、少なくとも2層以上被覆した多層被覆硬質工具において、[A]層のI(200)/I(111)の値が1以下であり、[B]層のI(200)/I(111)の値が1以上とすることにより構成する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 A₁に対しTiの含有率が75原子%以上98原子%以下であるTiとA₁の窒化物、もしくは炭窒化物からなる層[A]と、A₁に対しTiの含有率が20原子%以上65原子%以下であるTiとA₁の窒化物もしくは炭窒化物からなる層[B]を、少なくとも2層以上被覆した多層被覆硬質工具において、X線回折における(111)面の強度I(111)、(200)面の強度をI(200)としたとき、[A]層のI(200)/I(111)の値が1以下であり、[B]層のI(200)/I(111)の値が1以上であることを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項2】 請求項1記載の多層被覆硬質工具において、カーボンの含有量が基体表面から被膜表面の方向に向かい連続して増加する層を有することを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項3】 請求項1及び2記載の多層被覆硬質工具において、Tiの一部をZr、Hf、Cr、W、Y、Si、Ce、Ndの1種、または2種以上で0.1原子パーセントから50原子パーセントの範囲に置き換えたことを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項4】 請求項1から3記載の多層被覆硬質工具において、A₁の酸化物層を少なくとも1層有することを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項5】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体が超硬合金インサートであることを有する多層被覆硬質工具。

【請求項6】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体が高速度鋼エンドミルであることを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項7】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体がサーメットインサートであることを特徴とする多層被覆硬質工具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、優れた耐摩耗性を有する被覆硬質工具に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来一般的であったTiNやTiCNコーティングに対し、近年A₁を含有させ、耐摩耗性、耐酸化性を向上させる研究がなされ、特公平4-53642号、特公平5-67705号に代表されるように、A₁の添加効果を認める事例も種々存在する。また、人工格子（超格子）を形成し、皮膜の特性を改善した事例も認められる。これらの発明により、従来一般的であったTiNやTiCN皮膜がA₁を含有する皮膜へと改良がなされつつあるのが現状である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、最近の切削加工においては、高能率を得るため切削速度が更に

速くなる傾向にあり、また、金型加工においても、従来は熱処理前の軟らかい鋼を切削していた場合が多いが、熱処理後の高硬度材を直接加工する事例が増えつつあるのが現状である。このような高速切削、並びに高硬度材料の切削においては、A₁の添加は皮膜の耐酸化性を向上させ、TiN皮膜よりは耐摩耗性を向上せしめるものの、今だ十分に満足のいくものではない。その理由は、一般的にイオンプレーティングにより形成された皮膜は、圧縮残留応力を有し、この圧縮残留応力は、皮膜の膜厚が厚くなるに伴い増加する。皮膜は圧縮残留応力の増加に伴い、その密着性は劣化し、従って現状では使用に耐え得る皮膜の厚さは、TiN、TiCN皮膜、及び(TiA₁)N、(TiA₁)CN皮膜において、せいぜい5μmが限界である。その為イオンプレーティングにより被覆された工具は、化学蒸着法(CVD)により蒸着された10～15μmの膜厚を有する被覆工具に比べ、耐摩耗性が劣ることは否定できない事実であった。また、人工格子の形成により、皮膜の硬さが向上することは事実であり、耐摩耗性の向上は認められるものの、

このような硬い皮膜はヤング率が高く、皮膜が非常に高い圧縮残留応力を有し、せいぜい3～5μmを形成するのが限界である。このような人工格子皮膜は、高い圧縮残留応力を有するために密着性に大きな課題を有するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、イオンプレーティング皮膜において、残留圧縮応力を低減し、厚膜化を実現し、その結果耐摩耗性を向上せしめるとともに、更に耐酸化性を向上せしめる研究を行った結果、配向性の異なる2種の皮膜を多層被覆することにより、残留圧縮応力は増加することなく、厚膜化が実現でき、また、TiA₁に対し所定の第3成分にを添加することにより、更に耐酸化性が向上するという知見を得るに至った。

【0005】

【作用】 一般にイオンプレーティングにおいては、皮膜は結晶成長において優先成長方位を有し、その結果、柱状の結晶構造を持つ皮膜が形成される。1つの柱状の結晶粒子を取り出してみれば、一定方位に強い結晶成長が認められる単結晶であり、内部欠陥は極めて少ない。このような結晶が連続して成膜することが、皮膜の厚さの増加に伴い残留圧縮応力が増加する原因である。優先成長方位のそれぞれ異なる2種の皮膜を多層被覆することにより、皮膜と皮膜の界面に多くの格子欠陥を導入する技術を開発するに至った。つまり、(111)面に配向するTiとA₁の窒化物、炭窒化物と(200)面に配向するTiとA₁の窒化物、炭窒化物を多層被覆することにおいて界面は不連続となり、エピタキシャル成長が抑制され、多くの格子欠陥が導入される。この多くの格子欠陥は、皮膜の残留圧縮応力を緩和するよう成長中

に再配列し、結果、皮膜の残留応力を抑制し、厚膜化を可能にするものである。例えば、(200)に配向するTiとAlの窒化物を0.5μm形成すると残留応力は、1.2GPaであり、この皮膜を10μm形成すると残留圧縮応力は、8GPaを越え著しく密着性が劣化する。一方(200)に配向するTiとAlの窒化物を0.5μm、(111)に配向する組成の異なるTiとAlの窒化物を0.5μm形成し、この繰り返しの多層被覆において10μmの皮膜を形成した場合は、驚くべき事にその残留圧縮応力は、せいぜい2GPaである。従って、本発明によれば容易にTiとAlの化合物の窒化物、炭窒化物の厚膜化が可能であり、その結果被覆工具に皮膜の密着性を劣化させることなく、非常に高い耐摩耗性を付与することが可能である。

【0006】更に、切削中に皮膜表面に発生したクラックは、結晶成長方向の異なる皮膜の界面において、その伝播が抑制される傾向にあることが認められた。つまり、クラック先端に発生する応力集中を界面の多数の格子欠陥が緩和し、クラックの伝播に対し高い抵抗を示す。同時にクラックは、更に進展する場合、界面に沿って伝播し基体への伝播、それに起因する刃先の欠損を大巾に抑制するものである。従って、本発明による多層被覆硬質工具は、厚膜化により高い耐摩耗性を有すると共に、クラックが伝播し難いため、同時に高い韌性を有するものである。よって、皮膜が厚い時のみならず、比較的薄い場合においても工具寿命を向上させることは言うまでもない。また、TiとAlの窒化物、炭窒化物そのものの耐酸化性の向上に対し研究を加えた結果、Zr、Hf、Yといった成分を添加することにより、耐酸化性が著しく改善されることを見出した。また、本発明による多層皮膜は、前述のごとく残留圧縮応力が極めて小さいため、高速度鋼、及びサーメット合金に対しても極めて高い密着性を示すものである。一般的にイオンプレーティングの皮膜は、コーティング中に圧縮応力が発生する。また、高速度鋼やサーメット合金は、熱膨張係数が皮膜よりも大きいため、コーティング後の冷却工程において皮膜には更に圧縮応力が付加される。その結果、室温に取り出した時、超硬合金基体の場合よりも非常に高い圧縮応力を有し、結果、密着性が著しく悪くなる。このような問題点も本発明多層皮膜は、解決するものである。

【0007】次に、皮膜にカーボンを含有させることにより、皮膜硬度が著しく向上し、更なる耐摩耗性の向上を実現させることが可能である。この場合、カーボン含有量を不連続に変化させると概してカーボンを含有する皮膜の残留圧縮応力は著しく高いため、その界面強度が著しく劣化する。従って、カーボンを含有させるためには、C_xH_yあるいはC_xH_yといったカーボン供給源を連続して徐々に増加させ、皮膜にカーボンを含有せしめることにおいて、密着性に問題を生じることなく、皮膜の

潤滑性向上、及び硬さ向上による耐摩耗性の向上が可能である。

【0008】更に、切削中に皮膜は酸化し、形成されたポーラスな酸化皮膜が摩耗する繰り返しにより、摩耗が進行する現象を見出した。この皮膜の酸化を更に抑制する手段としては、酸化に対し最も安定であるAl₂O₃、皮膜を介在させることが最も効果的である。そのため、イオンプレーティングにより皮膜を形成した後、プラズマCVDもしくはMO-CVDによりAl₂O₃を形成することにより、密着性の極めて優れるAl₂O₃皮膜を形成することに成功した。Al₂O₃の形成により、皮膜の酸化による摩耗は大巾に抑制される。特に本発明による皮膜は、基体が超硬合金、あるいはサーメット合金のインサート、高速度鋼エンドミルといったような比較的一刀当たりの送り量が高く、皮膜に耐摩耗性と韌性（耐クラック伝播性）が必要とされる用途において特に有効である。

【0009】以下、数値を限定した理由について述べる。層[A]のTiの含有量がAlに対し、75原子%以上98原子%以下、並びに層[B]のTiの含有量がAlに対し20原子%以上65原子%以下とした理由は、2層のTiとAlの含有量が比較的近い組成においては、後述の面方位を反転させた場合においても2相間でエピタキシャル成長し易く、界面に欠陥を多数導入できないため、層[A]においては、Tiの含有量はAlに対し75原子%以上とし、層[B]においては、65原子%以下とした。また、層[A]においてTiの含有量をAlに対し98原子%以下としたのは、98原子%以上であると本来Ti-Alの有する特性を発揮しないため、また、層[B]においてTiの含有量をAlに対し20原子%以上としたのは、20原子%以下であるとAlNの特性に近くなり耐摩耗性の劣化を示すため、層[A]においては98原子%以下、層[B]においては20原子%以上とした。

【0010】TiとAlの窒化物、炭窒化物層[B]のI(200)/I(111)の値を1以上とした理由は、この皮膜が(111)面に強く配向すればするほど高い圧縮応力を有するようになるため、好ましくなく、(200)面に配向した方が、この皮膜自体の残留圧縮応力が低いため、(200)面に配向すべく1以上とした。Ti含有量がAlに対し75原子%以上98原子%以下の窒化物、炭窒化物層[A]は前述のように、(200)面に配向したTiとAlの窒化物、炭窒化物層[B]との多層被覆において、界面に格子欠陥を導入するため、前記TiとAlの窒化物、炭窒化物層[B]と反対に(111)面に配向させなければならず、I(200)/I(111)の値は1以下とした。第3成分のZr、Hf、Y等に対しては、その置換量において0.1原子%以下だと耐酸化性の向上に対し、全く効果が認められず、また、50原子%を越えると本来Tiと

A₁の窒化物、炭窒化物が有する耐摩耗性を劣化させるため、0.1原子%以上50原子%以下とした。以下に実施例に基づき本発明を説明する。

【0011】

【実施例】

実施例1

J I S P 4 0 グレードの超硬合金インサート、及び*

* 12、4枚刃の市販高速度鋼ラフィングエンドミルにアーケイオンプレーティング法により、(Ti_{0.95}A₁_{0.05})、(Ti_{0.95}A₁_{0.15})ターゲット、及び(Ti_{0.95}A₁_{0.15})、(Ti_{0.95}A₁_{0.25})ターゲットを用い、表1に示す皮膜を形成した。

【0012】

【表1】

試料	層膜厚 (μm)	層数	[A]層 TiAlN		[B]層 TiAlN		工具寿命 (m)	
			Ti(200) /I(111)	Ti/A1	I(200) /I(111)	Ti/A1	超硬インサート	HSS・EM
本 發 明 例	1	8	16	0.5	85/15	2.5	50/50	9.2
	2	8	16	0.5	85/15	3.2	50/50	10.1
	3	8	16	0.1	95/5	1.8	50/50	11.2
	4	8	16	0.1	95/5	7.5	30/70	15.1
	5	19	26	0.5	85/15	8.2	50/50	27.2
	6	5	10	0.5	85/15	7.5	50/50	6.9
	7	3	8	0.5	85/15	6.3	50/50	3.2
	8	10	20	0.1	85/15	11.3	30/70	10.5
	9	10	20	0.1	95/15	15.3	30/70	15.2
	10	10	40	0.1	95/15	15.3	30/70	18.2
比 較 例	11	3	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.8
	12	10	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.5 刃離
	13	3	1(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	1.5 チッピング
	14	10	1(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	0.5 刃離 10.2 チッピング

【0013】比較工具として同じアーケイオンプレーティング法により、TiN、TiAlN皮膜を形成した。超硬合金インサートにおいては、切削条件1に基づきフライス切削を行い、逃げ面摩耗値が0.3mmに達するまでの切削長さと求め、それを寿命とした。また、高速度鋼エンドミルにおいては、切削条件2に基づき切削を行い、逃げ面摩耗値が0.2mmに達するまでの切削長を求め、それを寿命とした。その結果も表1に併記する。切削条件-1は、被削材DAC(調質材 HRC=40)、切削速度100m/min、送り量0.1mm/刃、切り込み2mm、インサートはSEE42-TN形状とした。切削条件-2は、被削材DAC(生材 HRC=10)、切削速度50m/min、送り量0.07mm/刃、軸方向切り込み量18mm、径方向切り込み量6mm、切削油なし、Down Cutで行った。

※ 【0014】表1から明らかなように本発明による多層被覆工具は、10μm以上の厚膜化においても皮膜の剥離や刃先のチッピングは認められず、安定した長時間の切削が可能である。

【0015】実施例2

実施例1で用いた超硬インサートを用い、表2に示す発明合金を実施例1と同様にアーケイオンプレーティング法を用い成膜した後、MO-CVDにより600°C、1hr、α-A₁O₃をその上に最外層として成膜した。切削条件1により、その寿命を評価した結果を表2に併記する。尚、実施例2において[A]層の組成はTi/A₁=85/15、「B」層の組成はTi/A₁=50/50とした。

【0016】

【表2】

※

試料	総膜厚 (μm)	層数	[A]TiAlN		Al ₂ O ₃ 膜厚 (μm)	寿命 (m)
			Ti(200) /I(111)	Ti/A1		
本例	15	10	20	0.6	10.1	0.5
發	16	18	32	0.6	5.0	0.5
明	17	5	20	0.2	16.2	0.5
比例	18	10	1(TiAlN)	-	11.5	-
較	19	3	1(TiAlN)	-	8.8	-
						1.2 刃離発生

【0017】表2から明らかなように本発明工具は、A₁O₃皮膜を形成することにより、更に長寿命化が達成される。

【0018】実施例3

実施例1で試作した試料番号1の本発明例において、皮膜中に連続してカーボン含有量を増加させ、カーボンを

含有せしめた工具を製作した。その内容を表3に示す。 *【表3】

【0019】 *

試料	層膜厚 (μm)	層数	a	b	[A]TiAlN	[B]TiAlN	最終膜 C/N	工具寿命 (m)	
					I(200) /I(111)	I(200) /I(111)		超硬インサート	HSS・EM
本 発 明 例	1 20 21 22	8 8 8 8	16 16 16 16	- 0.5 0.5 3.2	0.6 5.8 7.0 7.0	2.3 0.7 0.7 0.7	- 1/1 1/1 1/2	9.2 15.2 23.2 17.2	60.1 66.6 73.2 65.7
比 較 例	23 24	8 5	1(TiN)	- -	- -	1.8 6.1	- -	0.2 刃部 1.7	1.2 チッピング 22.2

【0020】表3中、 α は C_2H_2 を添加し始めた時点の皮膜の厚さ、 b は徐々に C_2H_2 量を増やし、その後一定とした時点の皮膜の厚さを示す。すなわち $a - b$ の間が連続してカーボン含有量が増加する層である。この場合、 T_i の窒化物もしくは炭窒化物 T_i と A_1 と第3成分の窒化物もしくは炭窒化物の各層の厚さはそれぞれ $0.5 \mu m$ とした。また、層[A]の T_i/A_1 の比は $95/5$ 、層[B]の T_i/A_1 の比は $50/50$ とした。実施例1において示した切削条件1、及び2において超硬インサート、高速度鋼エンドミルに対し、切削テストを行い寿命を求めた。その結果も表3に併記する。※

※表3から明らかなように、本発明合金にカーボンを含有量しめることにより、更に耐摩耗性の向上が確認される。

【0021】実施例4

6ヶのターゲットを有するアーキイオンプレーティング装置を用い(3段×2列)最上段の1ヶを第3成分のターゲットを設置し、そのしたの2ヶを T_i ターゲット、反対の列の3ヶを $T_i A_1$ ターゲットとし表4に示す組成の発明を製作した。

【0022】

【表4】

試料	[B]膜組成	[A]膜組成	総膜厚 (μm)	層数	[A]TiAlN	[B]TiAlN	酸化膜厚 (μm)	寿命 (m)
					I(200) /I(111)	I(200) /I(111)		
本 発 明 例	1 (Ti _{0.5} Al _{0.5})N	Ti _{0.5} Al _{0.5} N	8	16	0.5	1.5	1.2	6.3
	25 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Zr _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.2	7.2
	26 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Hf _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.4	9.5
	27 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Cr _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.3	7.3
	28 (Ti _{0.45} Al _{0.45} V _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.2	9.9
	29 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Y _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	15.2
	30 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Si _{0.10})N	Ti _{0.45} Al _{0.45} N	8	16	0.6	1.7	0.1	17.5
	31 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Ge _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	12.8
	32 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Nd _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	11.5
	33 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Zr _{0.10})N	"	8	16	0.2	3.5	0.1	6.2
	34 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Y _{0.10})N	"	8	16	0.2	4.2	0.05	6.0
	35 (Ti _{0.45} Al _{0.45} Y _{0.10})N	"	8	16	0.5	1.5	0.15	10.0
比 較 例	36 TiN	-	8	1	0.5	-	7.5	0.6
	37 (Ti _{0.5} Al _{0.5})N	-	8	1	-	1.5	1.3	0.5 刃部
	38 (Ti _{0.5} Al _{0.5})N	-	8	1	-	2.0	1.5	1.7

【0023】第3成分比は、第3成分ターゲットからの距離により変化するが、また、同時に第3成分ターゲットに流すアーカ電流値を調整することにより制御した。これらの本発明例及び比較例を大気中 $750^{\circ}C$ で1hr保持し酸化させ酸化膜厚を制御した。その結果を表4に併記する。また、切削条件1により、インサートにおいて寿命評価をした結果も併記する。

【0024】表4より、添加した第3成分の効果により耐酸化性の著しい向上が認められ、同時に耐酸化性向上に起因する寿命の向上が確認された。

【0025】実施例5

40 25TiC-30TiN-20WC-5TaC-5Mo₂C-8Co-7Ni(重量%)なる組成のサーメット合金を表5に示す内容で製作し、実施例1と同様にコーティングを行った。

【0026】

【表5】

試料	層膜厚 (μm)	層数	[A]TiAlN	[B]TiAlN	工具寿命 (m)
			T(200) /T(111)	T(200) /T(111)	サーメット インサート
本 発 明 例	36	8	16	0.6	2.6
	37	8	16	0.6	23.2
	38	8	16	0.1	2.0
	39	8	16	0.1	8.2
	40	13	26	0.5	53.2
比 較 例	39	3	TiAlN	0.5	-
	40	10	TiAlN	0.5	-
	41	3	TiAlN	-	10.2
	42	10	TiAlN	-	10.2

【0027】層[A]のTiAlNの組成比はTi/A=85/15、層[B]のそれは50/50とした。インサートにおいて切削条件3により切削評価を行い、逃げ面摩耗量が0.15mmに達するまでの切削長を求め寿命とした。その結果を表5に併記する。切削条件は

3、インサート(SEE42-TN)の形状を用い、被削材SKD6.1(生材 HRC12)、切削速度250m/min、送り量0.1mm/刃、切り込み量2mmである。被削材の大きさは、実施例1と同一である。表5に示すとおり、本発明例においては、切削中に皮膜の剥離がなく、長寿命の達成が可能である。

【0028】

【発明の効果】以上の如く、本発明を適用することにより、皮膜の厚さの増加に伴う残留圧縮応力を緩和するとともに厚膜化が出来、更に、膜の密着性を劣化させることなく、また、クラックが伝播し難いため、同時に高い韌性を有する被膜が得られた。また、第3元素、酸化物被膜、皮膜にカーボンを含有等と組み合わせることにより皮膜硬度、潤滑性、耐酸化性を顕著に向上させることが出来る。